

УДК 541.183.2.678

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ХИТОЗАНОВОЙ МАТРИЦЕ

Н.Р. Вохидова¹, Н.Ш. Ашуров¹, Э.М. Мухамедов², С.Ш. Рашидова¹

¹Научно-исследовательский центр химии и физики полимеров при НУУз,
г. Ташкент

²Ташкентская Медицинская академия

Методом Туркевича получены полимерстабилизированные наночастицы серебра с размерами 15–30 нм. В питательной среде Мюллер Хинтона изучено биологически активное свойство растворов хитозанстабилизированных наночастиц серебра по отношению к различным микроорганизмам *in vitro*. Обнаружено, что хитозанстабилизированные наночастицы серебра проявляют активность как на грамположительную, так и на грамотрицательную флору.

Ключевые слова: хитозан *Bombux mori*, наночастицы серебра, биологически активное свойство.

В последние годы интерес к изучению и получению наноразмерных частиц существенно возрос. Это связано с тем, что открылись новые перспективные возможности использования наноматериалов в различных областях, в частности для получения эффективных, избирательных бактерицидных и фунгицидных полимерстабилизированных металлических наночастиц (НЧ), для создания новых медицинских, косметологических препаратов.

На сегодняшний день разработаны различные методы получения серебряных НЧ. Наночастицы серебра в водных растворах получают путем восстановления ионов серебра с помощью глюкозы, аскорбиновой кислоты, гидразина, боргидрида натрия и других восстановителей. К способам управления размерами наночастиц, применяемым в научной практике, относятся: использование полимерных матриц, позволяющих управлять размерами нанокластеров, полимерной защиты, физических методов управления размерами (обработка ультразвуком, облучение рентгеновским излучением и использование токов высокой чистоты). Изменения размера кластеров металлов добиваются также варьированием природы восстановителя [1; 2].

Структурная организация и стабилизация наноразмерных частиц — серьезнейшая проблема, без решения которой трудно определить и оптимизировать области их практического использования. Использование НРЧ металлов переменной валентности в качестве наполнителя в полимерных матрицах позволяет получить принципиально новые мате-

риалы со спектром механических, физико-химических и медико-биологических свойств. Металлические дисперсные наполнители улучшают бактерицидность, фунгицидность, тепло- и электропроводность, магнитную восприимчивость, теплоемкость и другие свойства полимерных материалов. Использование в качестве стабилизатора металлических наночастиц природного полисахарида – хитозана *Bombyx mori* – с собственными биологически активными свойствами может стать эффективным и технологичным методом создания уникальных наноразмерных материалов широкого спектра действия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения наносистем в качестве полимерной матрицы использован хитозан (ХЗ) *Bombyx mori* (ММ 38 000, СДА 70 %), AgNO_3 , $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ х.ч. и деионизированная вода. Морфология наносистем изучена с помощью AFM 5500 (Germany).

Для изучения биологически активных свойств растворов ХЗ и ХЗ- Ag^0 приготовлены свежие (18-часовые) культуры микроорганизмов. В последующем на поверхность подсушенной питательной среды Мюллер Хинтона в чашках Петри равномерно вносили 1–2 мл исследуемой культуры. После завершения посева чашки Петри подсушивали при комнатной температуре в течение 10–15 минут, затем бумажные диски пропитывали исследуемыми растворами и накладывали их на поверхность питательной среды, засеянной определенной культурой в 2 см от края чашки (на чашку не более 6 дисков). Чашки закрывали и ставили в термостат при температуре 37°C, инкубировали в течение 18–24 часов. По истечении срока инкубации чашки вынимали из термостата. Для учета полученного результата чашки помещали на темную матовую поверхность и с помощью специальной линейки измеряли диаметр зоны задержки роста микробов вокруг дисков, включая диаметр самих дисков с точностью до 1 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

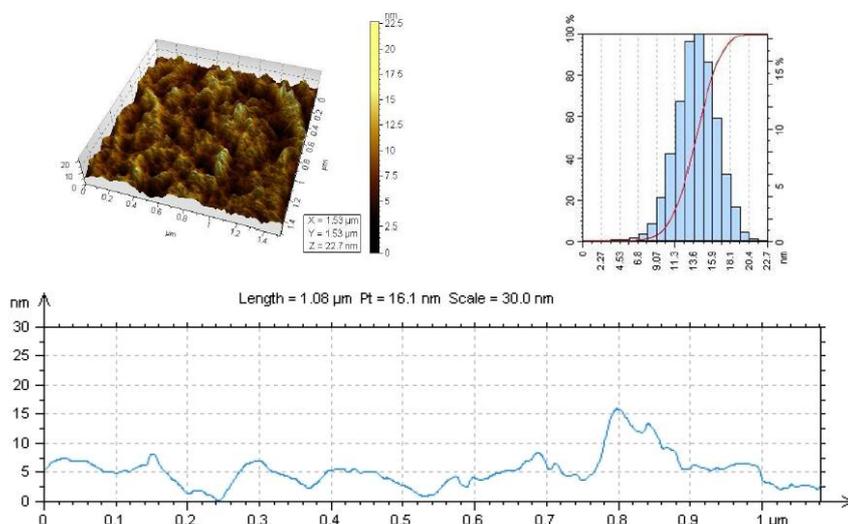
Ранее нами получены хитозанстабилизированные наночастицы меди и кобальта путем химического восстановления [3; 4] и исследованы их биологически активные свойства [5; 6]. В этой работе нами получены стабилизированные наночастицы серебра цитратным методом в присутствии хитозана *Bombyx mori*. Результаты исследований представлены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Влияние концентрации цитрата натрия на размер образующихся наночастиц серебра

№	X3:Ag ⁺ , моль	Объемная доля Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ в растворе, %	Время синтеза, мин	Средний размер частиц, нм
1	20:1	1.5	20	30
2	20:1	3.0	20	15

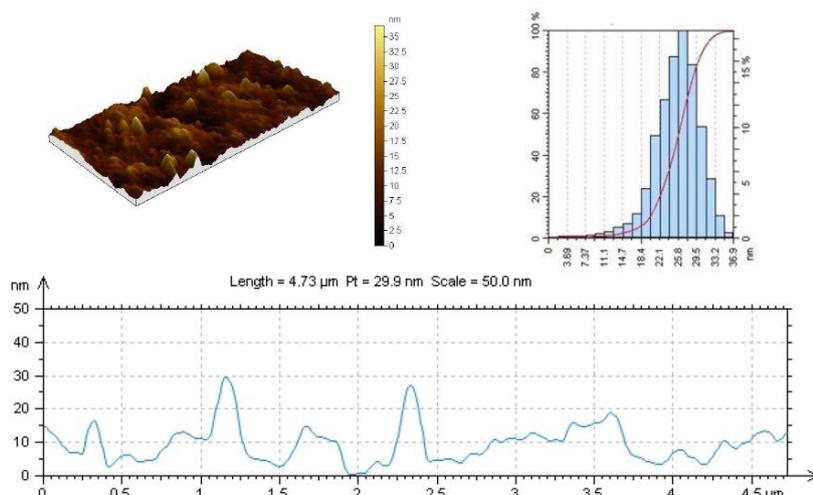
Размер металлических наночастиц варьировался в зависимости от концентрации цитрата натрия. Следует отметить, что при цитратном методе образуются относительно однородные по форме и размеру НЧ серебра.



Р и с . 1. АСМ-снимок, гистограмма распределения НЧ серебра в полимерной матрице и шероховатость поверхности образца

Видно, в выбранных условиях синтеза образуются НЧ в интервале 10÷20 нм, средний размер НЧ равен 15 нм и по дифференциальному распределению это составляет 20 %.

Снижение концентрации восстановительного агента – цитрата натрия в системе приводит к увеличению размера хитозанстабилизированных НЧ серебра. Как показывает гистограмма (рис. 2) распределения НЧ в полимерной матрице, частицы имеют размер в диапазоне 15÷30 нм, средний размер НЧ равен ~26 нм.



Р и с . 2. АСМ-снимок, гистограмма распределения НЧ серебра в полимерной матрице и шероховатость поверхности образца

С целью изучения медико-биологических активностей растворов хитозанстабилизированных наночастиц серебра по отношению к различным микроорганизмам *in vitro* проведены испытания в Ташкентской Медицинской Академии Республики Узбекистан на кафедре микробиологии, вирусологии и иммунологии (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Характеристика чувствительности микробов к растворам хитозанстабилизированных наночастиц серебра в условиях *in vitro**

№	Микроорганизмы	1% ХЗ	2% Уксусная кислота	0.5% ХЗ- Ag^0 15 нм	0.5% ХЗ- Ag^0 30 нм
1	<i>Staph.aureus</i>	7.0±0.1	5.0±0.1	15.0±0.2	15.0±0.2
2	<i>St. saprofiticus</i>	0	5.0±0.1	15.0±0.2	17.0±0.3
3	<i>Esch. Coli ЛП</i>	0	0	15.0±0.2	17.0±0.3
4	<i>Klebsiella</i>	12.0±0.2	5.0±0.1	20.0±0.4	15.0±0.2
5	<i>Актиномицит</i>	5.0±0.1	7.0±0.1	20.0±0.4	15.0±0.2

*Единицы приведены в мм зоны задержки роста микробов.

Известно, что ХЗ и уксусная кислота обладают собственно биологически активными свойствами. В связи с этим проведено сравнительное исследование растворов ХЗ, уксусной кислоты и ХЗ- Ag^0 с различным размером наночастиц. Результаты показывают, что бактерицидные свойства растворов ХЗ- Ag^0 в несколько раз больше, чем полимерной матрицы – ХЗ и растворителя – уксусной кислоты.

Таким образом, цитратным методом получены наносистемы ХЗ- Ag^0 со средними размерами от 15 до 30 нм. Обнаружено, что наносистемы хитозана с серебром проявляют выраженный антибактериальный эффект как на грамположительную, так и на грамотрицательную флору. Поскольку системы ХЗ- Ag^0 оказывают мягкое действие на фитопатогенные микроорганизмы, растворы этих систем представляют прикладной интерес для их применения в качестве бактерицидного препарата.

Список литературы

1. Ершов Б.Г. // Журн. рос. хим. общества им. Д.И. Менделеева. 2001. Т. 45, № 3. С. 5–9.
2. Кузьмина Л.Н., Л.В. Звиденцова, Н.С. Колесников // Журн. рос. хим. общества им. Д.И. Менделеева. 2007. Т. 30, № 8. С.7–12.
3. Bochek A.M., Vokhidova N.R., Saprykina N.N., Ashurov N.Sh., Yugai S. M., and Rashidova S.Sh. // Polymer Science, Ser. A, 2015, V. 57, №. 4, P. 460–466.
4. Vokhidova N. R., Ashurov N. Sh., Yugai S. M., and Rashidova S. Sh. // Dokl. ANRespubl. Uzbekistan, 2013. №. 5, P. 50–53.
5. Элмурадов Б., Наврузов Н., Вохидова Н.Р., Рашидова С.Ш. // Журн. Узбекское сельское хозяйство. 2013. 4 (28), С. 51–53.
6. Vokhidova N.R., Sattarov M. E., Kareva N. D., and Rashidova S. Sh. // Microbiology, 2014, V. 83, №. 6, P. 751–753.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF NANOPARTICLES OF SILVER IN THE MATRIX OF CHITOSAN

N.R. Vokhidova¹, N.Sh. Ashurov¹, E.M. Mukhamedov²,
S.Sh. Rashidova¹

¹The scientific research center of chemistry and physics of polymers at National University of Uzbekistan, Tashkent

²Tashkent Medical Academy, Tashkent

Turkevich's method received polymer stabilization nanoparticles of silver with sizes of 15-30 nanometers. In a nutrient medium Müller of Hinton biologically active property of solutions the chitosan-stabilized nanoparticles of silver in relation to various microorganisms of in vitro is studied. It is revealed that chitosan-stabilized nanoparticles of silver show activity, both on gram (+), and on gram (-) flora.

Keywords: *chitosan Bombyx mori, silver nanoparticles, biologically active property*

об авторах:

ВОХИДОВА Ноира Рахимовна – старший научный сотрудник, кандидат химических наук, Научно-исследовательского центра химии и физики полимеров при НУУз, e-mail: noira_vokhidova@yahoo.de

АШУРОВ Нурбек Шодиевич - старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, Научно-исследовательского центра химии и физики полимеров при НУУз, e-mail: carbon@uzsci.net

МУХАМЕДОВ Эламан Мухамедович – ведущий научный сотрудник, профессор, доктор медицинских наук, Ташкентская Медицинская академия, e-mail: carbon@uzsci.net

РАШИДОВА Сайёра Шарафовна. –академик Академии наук Республики Узбекистан, доктор химических наук, директор Научно-исследовательского центра химии и физики полимеров при НУУз, e-mail: carbon@uzsci.net